

Efecto de la fertilización con calcio en la fruta de banano (*Musa AAA cv. Gal*) para el control de la mancha de madurez.

Jacqueline Abarca Durán

Tesis para optar al grado de Profesional de Ingeniero Agrónomo
con el grado de Licenciado en Agronomía

Escuela De Agronomía.

Facultad De Ciencias Agroalimentarias.

Universidad De Costa Rica.

2017

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme convertirme en lo que soy, por darme fuerzas cada día para poder continuar, por su amor, abrigo y misericordia, por levantarme cuando caí y apoyarme cuando voy de pie.

A mis padres, Fernando y Eilen, por su ejemplo, sacrificio, confianza y apoyo.

A mis hermanos Aaron, Enoc, Avril y Noe

Los Amo.

Jacqueline.

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento a las siguientes personas:

A el M.Sc. Eloy Molina Rojas, por su apoyo, consejos, atención y enseñanzas.

Al M.Sc. Juan Ramón Navarro y M.Sc. Marco Vinicio Sáenz, Ph.D. Maricruz Ramírez Sánchez por las valiosas recomendaciones y revisión del presente trabajo.

A la empresa Del Monte: Bandeco por permitir la realización de este ensayo, así como al personal, que de una u otra forma colaboró y apoyo en su desarrollo.

A Erick por ser una bendición en mi vida, por su amor, apoyo y consejos.

A mis amigos, compañeros, que me han acompañado a lo largo de la carrera y que hoy forman parte de mi vida y lo serán por siempre.

Índice de Contenido

RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCIÓN	1
I.A. Objetivo general	6
I.B. Objetivos específicos	6
II. ANTECEDENTES.....	7
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
III.A. Delimitación Espacial y Temporal.....	11
III.B. Material Experimental	12
III.C. Análisis químico de suelos.....	13
III.D. Análisis químico de cáscara	14
III.E. Unidad Experimental.....	11
III.F. Fuentes de calcio.....	15
III.G. Variables a Evaluadas.....	18
III.H. Diseño Experimental.....	20
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
IV.A. Estado nutricional del área experimental y concentración de calcio en la cáscara	21
IV.B. Efecto sobre las variables de rendimiento	32
IV.C. Efecto del calcio sobre la Mancha de Madurez	35
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	40
VI. LITERATURA CONSULTADA.....	42
VII. ANEXO.....	46

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Actividades desarrolladas durante el ensayo	12
Cuadro 2. Fuentes de calcio y dosis utilizadas.	16
Cuadro 3. Resultados del análisis químico de suelos: Datos de Laboratorio Del Monte, BANDECO.....	22
Cuadro 4. Resultados del cálculo de las relaciones de bases.	22
Cuadro 5. Resultados del análisis químico foliar, Laboratorio de Del Monte, BANDECO. ...	23
Cuadro 6. Resultado del Análisis Químico de cáscara, primer muestreo.	25
Cuadro 7. Resultado del Análisis Químico de cáscara, segundo muestreo.	28
Cuadro 8. Efecto de la concentración de calcio en la cáscara. en las fuentes aplicadas, en el índice de severidad, y sus respectivos diferenciales (resta entre los resultados obtenidos menos esperados).....	31
Cuadro 9. Efecto de la aplicación de calcio en el rendimiento del banano.	32
Cuadro 10. Efecto de los tratamientos en las variables de rendimiento (calibre de la segunda mano, longitud externa de la segunda, quinta mano, última mano y total de dedos.....	33
Cuadro 11. Resultados obtenidos para las variables: índice de severidad, peso de fruta de rechazo (tratamiento)(kg) y peso de racimo kg).	38
Cuadro 12. Contrastes realizados para la categoría Moderada, Kruskal–Wallis.	37

Índice de Figuras

Figura 1. Síntoma característico de la Mancha de Madurez.....	8
Figura 2. Observación de muestreo de Foliares (a) y suelos (b).	13
Figura 3. Observación del procesamiento de las muestras de cáscara, recolección (a), corte (b), cáscara molida (c).....	14
Figura 4. Racimo aplicado con el tratamiento SF1 (5 Octubre, 2016).	17
Figura 5. Escala pictórica de evaluación leve (a), moderado (b) y severo (c).....	19
Figura 6. Efecto de la aplicación de calcio en el número de dedos con daño leve, moderado y severo.....	35

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la aplicación foliar de diferentes fuentes y dosis de calcio aplicado a la fruta de banano (*Musa AAA cv. Gal*) realizados en fincas comerciales del Caribe de Costa Rica. Los tratamientos utilizados fueron: SK1, SK2, SF1, SF2, NIC, CX y testigo, los cuales fueron aplicados directamente sobre el racimo de banano al cumplir dos semanas. Posteriormente, a la semana 5 y 12 de emisión del racimo se realizó un muestreo de la cáscara de banano, con el fin de determinar el contenido nutricional de esta, además en la semana 12 se realizó la cosecha del ensayo donde se evaluó: peso del racimo, longitud externa de dedos, calibre, numero manos y dedos, y por último la incidencia y severidad de la mancha de madurez.

Al analizar los resultados sobre la incidencia y severidad de mancha de madurez para las evaluaciones de daño leve ($p>0,4571$), moderado ($p>0,0769$) y severo ($p>0,9316$) no se encontraron diferencias entre estos. Sin embargo, el testigo presentó los niveles de severidad más altos en comparación con los tratamientos especialmente el SK1.

Al observar las variables de producción como peso ($p>0,1030$), calibre de la segunda y ($p>0,7262$) quinta ($p>0,729$) mano, longitud externa de la segunda ($p>0,8314$) y quinta mano ($p>0,532$) no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos, en el caso de los resultados químicos de calcio, no se encontraron diferencias significativas en ninguno de los dos muestreos realizados (primer $p>0,7206$ y segundo muestreo $0,2561$).

Palabras clave: banano, mancha de madurez (MM), calcio (Ca), severidad, desorden fisiológico, nutrición mineral, fruta.

Abstract

The effect of foliar application of different sources and doses of calcium applied to banana fruit (*Musa AAA cv. Ga*) carried out in commercial farms in the Caribbean of Costa Rica was evaluated. The treatments used were: SK1, SK2, SF1, SF2, NIC, CX and control, which were applied directly on the banana cluster at the end of two weeks. Subsequently, at week 5 and 12 of cluster emission, a sampling of the banana peel was carried out, in order to determine the nutritional content of this, in addition, in week 12, the harvest of the trial was carried out, where it was evaluated: weight of the cluster, external length of fingers, caliber, number of hands and fingers, and finally the incidence and severity of the maturity spot.

When analyzing the results on the incidence and severity of the maturity spot for the evaluations of mild ($p > 0.4571$), moderate ($p > 0.0769$) and severe ($p > 0.9316$), no differences were found between these. However, the control presented the highest levels of severity compared to the treatments, especially SK1.

When observing the variables of production as weight ($p > 0.1030$), caliber of the second and ($p > 0.7262$) fifth ($p > 0.749$) hand, external length of the second ($p > 0.8314$) and fifth hand ($p > 0.532$) there were no significant differences between treatments, in the case of calcium chemical results, no significant differences were found in any of the two samples taken (first $p > 0.7206$ and second sampling 0.2561).

I. INTRODUCCIÓN

Descripción del banano y requerimientos climáticos

La planta de banano es hidrófita originaria del trópico húmedo y su estructura vegetativa está adaptada a condiciones de alta humedad, por lo tanto, es muy susceptible a las deficiencias hídricas y a la disminución de oxígeno en la atmósfera del suelo (Soto 2015).

Los requerimientos hídricos mínimos del cultivo indican que la cantidad de lluvia anual debe rondar los 2000 mm debido a que la resistencia a la sequía es pequeña. Por lo tanto, el estrés por falta de agua es un problema en el cultivo de banano, sin embargo, ante períodos de humedad excesiva la planta se ve afectada y tarda alrededor de tres días antes de recuperar la actividad fisiológica normal (Robinson 1996). Además, el cultivo requiere temperaturas relativamente altas, que varían entre los 21 y los 29,5 °C. Su temperatura mínima absoluta es de 15,6°C y su máxima de 37,6°C, por lo tanto, exposiciones a temperaturas mayores o menores causan deterioro y lentitud en el desarrollo, además de daños en la fruta (Soto 2015, 2008).

En la actualidad, el cultivo se ha extendido considerablemente, la mayoría de la producción de banano a nivel mundial se encuentra comprendida entre el Ecuador y 20° latitud norte o sur, bajo condiciones de clima tropical y áreas subtropicales (Robinson 1996, Soto 2008, Arteaga 2015). Las regiones de América Latina y el Caribe, representan unas de las principales áreas al poseer condiciones que favorecen el desarrollo del cultivo y donde este, constituye un elemento básico del régimen alimentario (Soto 2008).

Costa Rica tiene uno de los más altos niveles de productividad bananera del mundo por su alto grado de tecnificación e investigación en materia bananera, durante el año 2015 el área bananera de Costa Rica alcanzó 43.024 hectáreas en producción. (CORBANA 2015).

Para el cierre del año 2015, la productividad bananera nacional alcanzó 2.339 cajas por hectárea (42,4 toneladas métricas), la producción fue cerca de 100 millones de cajas de banano por año alcanzando aproximadamente 700 millones de dólares anuales, convirtiendo a Costa Rica en uno de los mayores productores del mundo-(CORBANA 2015).

El cultivo de banano en Costa Rica se concentra en mayor extensión en la zona Atlántica, siendo esta una zona característica por presentar altas precipitaciones, alta humedad relativa y topografía plana (CORBANA 2011).

El cultivo del banano como todos los cultivos son susceptibles a enfermedades, ya sea por factores bióticos o abióticos, en este caso existe un desorden fisiológico conocido como “Mancha de madurez” el cual ha sido reportado en varios países causando pérdidas considerables de producción. En Urabá (Colombia) se reportan pérdidas de fruta por hectárea anuales atribuidas al fenómeno de la mancha de madurez de un 3 a 5% en épocas e incidencia baja y del 18% en épocas de incidencia alta, mientras que en Costa Rica se reportan pérdidas del 15% (Díaz 2004 y 2005, Campos 2010).

Descripción del desorden fisiológico “Mancha de madurez (MM)”

En algunos países como Costa Rica, Australia y Colombia, se presenta un desorden fisiológico conocido como “Mancha de madurez”, el cual presenta un síntoma característico donde se observa un bronceado de color marrón-rojizo sobre la epidermis de la fruta. La fruta afectada no es aceptada para exportar, aunque internamente la pulpa no tiene ningún daño, es un problema de aspecto externo y su calidad alimenticia y sabor no son afectados (Williams et al 1990).

La mayor parte de frutas para consumo fresco la calidad se mide de acuerdo con sus características organolépticas y aspecto externo, principalmente, que no presentan lesiones ya que una lesión en la fruta en este caso la MM, cambia el color del tejido, esto debido a la destrucción de los compartimentos celulares del fruto, lo que permite que los sustratos de naturaleza fenólica sean accesibles a la enzima polifenol oxidasa, dando lugar a polímeros oscuros como la dopamina (Sellés *et al.* 2007, Martínez *et al.* 2013, Segura, 2003; Williams *et al.* 1990; Daniells, 1985).

El problema se atribuye a la baja absorción de calcio durante la fase de diferenciación floral y desarrollo de los frutos en períodos de baja humedad o déficit hídrico en el suelo y altas temperaturas, seguido de condiciones de alta temperatura y altas precipitaciones que promueven un crecimiento y división celular aceleradas (Díaz et al. 2007)

El papel del calcio en la mancha de madurez

En el país, condiciones como abundantes precipitaciones y altas temperaturas, pueden provocar el origen de deficiencias de diferentes elementos como lo es el calcio, sobre todo en periodos de rápido crecimiento como la diferenciación foliar y desarrollo de los frutos, lo cual puede provocar la aparición del desorden fisiológico mancha de madurez (Daniells 1982, Sanchez y Mira 2013). Debido a esto, en meses posteriores a veranos prolongados o intensos, se incrementa la fruta rechazada (Daniells 1987, Williams 1990).

Además, la cera epicuticular es la encargada de dar rigidez a las células y aparece en los primeros 14 a 28 días después de la emergencia del racimo, en consecuencia, durante este periodo, la deficiencia de calcio es más crítica. A los 42 días de emergido el racimo las paredes presentan fracturas que varían en tamaño y profundidad; posteriormente se presenta decoloración del contenido citoplasmático de las células que luego se esparcen en los espacios intercelulares (Williams *et al.* 1988).

El calcio es muy importante en la célula ya que es parte de la pared celular y actúa como agente cementante que une las paredes celulares. Además, forma parte de pectatos de calcio en la lámina media e incrementa la adhesión entre células logrando una mejor estabilidad de las mismas (Whitman 1993). Lo anterior explica por qué las aplicaciones de este elemento permiten el mejoramiento de la firmeza y resistencia al ablandamiento (Poovaiah 1986).

Aunado a esto, determinado que contenidos altos de calcio en el suelo no necesariamente coinciden con la cantidad real de calcio absorbidos por la planta, en especial en épocas de verano en donde la disponibilidad y movimiento de este elemento disminuye debido a la baja humedad del suelo (Finck 1988, Guerrero *et al.* 1999).

A lo anterior se suma la poca o nula movilidad de este elemento en los tejidos, y que su movimiento dentro de la planta depende de un buen nivel interno de agua y temperaturas adecuadas, para propiciar una transpiración normal. Por tal motivo, cualquier factor que altere dichos procesos puede causar desbalances de este elemento, principalmente en puntos de crecimiento y frutos (Yáñez 2002).

En respuesta a lo anterior se formuló la siguiente hipótesis de trabajo: La aplicación de fuentes de calcio directamente sobre la fruta en las épocas de mayor susceptibilidad de la planta de banano, ayuda a promover una reducción de la incidencia y severidad provocado por la mancha de madurez.

Debido a lo anterior, la importancia de este proyecto radica en buscar alternativas que puedan servir de herramienta para disminuir las pérdidas por mancha de madurez en la producción de banano en Costa Rica.

I.A. Objetivo general

Evaluar el efecto de la aplicación foliar de diferentes fuentes y dosis de calcio a la fruta sobre la incidencia de la Mancha de Madurez en banano.

I.B. Objetivos específicos

1. Determinar el efecto de diferentes fuentes de calcio en la incidencia y severidad de la mancha de madurez durante el periodo de alta susceptibilidad.
2. Evaluar el efecto de diferentes fuentes y dosis de calcio aplicados a los racimos sobre las variables de producción del banano.
3. Explorar la posible relación de los niveles de calcio en racimos de banano, con las variables de incidencia y severidad de mancha de madurez

II. ANTECEDENTES

Uno de los primeros antecedentes que describen la MM fue realizado por Cambell y Williams (1976), los cuales iniciaron con la identificación de factores asociados a este problema, lo que llevó a descartar la influencia de factores bióticos, tales como patógenos, insectos o virus. La información anterior fue de gran importancia, ya que el fenómeno había sido descrito pobremente, en parte debido a que las lesiones producidas por el thrip de la flor del banano (nombre científico en itálica) *Chaetanaphothrips signipennis* y *Thrips hawaiiensis* se asemejaban a las ocasionadas por la mancha de madurez (Swaine *et al.* 1985).

En años posteriores, se pudo conocer más sobre el comportamiento del fenómeno, en donde Daniells (1985) y Williams *et al.* (1990), describen la relación de la mancha de madurez con el clima, el diámetro de los dedos y el papel fundamental que tiene el calcio.

Lo anterior se describió con mayor detalle cuando Williams *et al.* (1990), caracterizaron mediante microscopia electrónica las lesiones en la superficie de la cáscara de frutos afectados con mancha de madurez en época húmeda, y determinaron que su formación involucra: la separación de las células epidermales y el rompimiento intercelular, los cuales se presentan debido a que cuando se da un crecimiento y una división celular acelerados, la epidermis y la cutícula no son lo suficientemente elásticas para acomodar la expansión de tejidos internos.

Díaz (2004), Daniells (1985), Sánchez y Mira (2013), mencionan que la mancha de madurez ocurre bajo condiciones específicas como alta temperatura y déficit hídrico en época seca, seguido por un período de rápido crecimiento en el período lluvioso, durante el cual la temperatura y la humedad, son los factores que marcan una enorme influencia en el crecimiento y desarrollo del cultivo, tanto en niveles de exceso como de escasez.

Los síntomas de deficiencia son más severos en los sitios de división celular y extensión celular de los frutos (Parrra 2006), lo que provoca la aparición del bronceado (figura 1) y este se encuentra en mayor proporción, en las extremidades de las manos (Williams *et al.* 1990).



Figura 1. Síntoma característico de la Mancha de Madurez.

En trabajos realizados por Cambell y Williams (1976) y Daniells (1987), demostraron que el diámetro de los dedos está directamente relacionado con la severidad de la mancha de madurez, de modo que a mayor grosor del dedo el síntoma es más severo.

Sánchez y Mira (2011), mencionan que condiciones que limiten—la absorción y movilidad del calcio desde la diferenciación floral y hasta dos semanas después de la floración, repercuten en la manifestación de la MM, siendo este el período crítico que determina la severidad del daño.

El porcentaje de calcio que llega al fruto ocurre principalmente durante las primeras etapas de crecimiento, lo cual corresponde al período en el que el xilema es el principal proveedor de agua y solutos. Al momento de la floración, la planta contiene cerca del 55% del calcio total que tendrá durante todo su desarrollo y durante la cosecha alrededor del 88% del Ca^{+2} se conservará en las hojas, pseudotallos y rizoma y el racimo contendrá únicamente el 12% (Sánchez y Mira 2013).

Cuando la disponibilidad de agua es deficiente, las partes jóvenes de algunas plantas son relativamente más ricas en potasio y más bajas en calcio, lo que acentúa los problemas de deficiencia del elemento, haciéndolas más susceptibles a la incidencia del desorden fisiológico (Daniells et al. 1987).

Díaz et al. (2006) realizaron aplicaciones de nitrato de calcio inyectado al pseudotallo de plantas recién cosechadas en épocas de baja humedad y alta precipitación, sin obtener diferencias significativas entre tratamientos. García (2009), reportó una disminución en la incidencia de la mancha de madurez al aplicar calcio hidrosoluble en el suelo durante las épocas de mayor susceptibilidad.

En Costa Rica, Chacón (2014), evaluó la inyección de diferentes fuentes de calcio al pseudotallo cuando estas plantas tenían 1 y 6 semanas después de haber emergido el racimo, sin obtener diferencias significativas entre los tratamientos. Además, no existen trabajos en los publicados en los que se halla realizado la aplicación de calcio dirigido a la fruta.

Lo anterior se presenta como una oportunidad de evaluar el efecto de este tipo de aplicación sobre la incidencia de la mancha de madurez debido a la limitante en el uso de fuentes de calcio en suelos con escasa humedad o de manera foliar.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

III.A. Delimitación Espacial y Temporal

El experimento se realizó en un área de aproximadamente 7 hectáreas ubicada en el Carmen de Siquirres, Limón, Costa Rica, perteneciente a la empresa BANDECO Del Monte durante el período del 28 septiembre al 14 diciembre, es decir, desde la semana 40 hasta la semana 50 del año 2016, esta área contaba con antecedentes de mancha de madurez.

III.E. Unidad Experimental

Cada uno de los 7 tratamientos contó con 15 plantas y cada una de ellas fue una repetición para obtener un total de 105 plantas durante el ensayo, cabe resaltar que las plantas de banano no tienen una floración homogénea ya que su reproducción asexual provoca que se encuentren en una misma área plantas en todos los estados fisiológicos, por eso se abarcan alrededor de 7 ha para encontrar las 105 plantas necesarias para el experimento. La plantación utilizada fue producto de una renovación en 2014, por lo que, al momento de las aplicaciones, la plantación tenía la edad aproximada de 2 años.

III.B. Material Experimental

Previo al ensayo (cuadro 1), se realizaron pruebas de sensibilidad donde cada uno de los tratamientos fue sometido a una evaluación en la que se estudió una posible relación desfavorable al realizar aplicaciones directamente sobre las brácteas del racimo de banano, además en la semana 39 se realizó un muestreo de suelos y foliares.

En el experimento se realizó solo una aplicación (semana 40) de los tratamientos en plantas de banano con dos semanas de haber emitido el racimo floral (durante ese periodo las brácteas del racimo ya se encuentran abiertas, para una mejor aplicación), al realizar la aplicación se marcó tanto planta como racimo con una cinta color naranja que contenía el número de repetición y el tratamiento. Posteriormente, en la semana 50 se realizó la cosecha del ensayo y la recolección de datos de producción y mancha de madurez.

Cuadro 1. Actividades desarrolladas durante el ensayo

Actividades desarrolladas	Semana/2016				
	36	39	40	43	50
Pruebas de sensibilidad	X	X			
Muestreo de suelos		X			
Marcación del área experimental y de plantas			X		
Aplicación de los tratamientos			X		
Muestreo de cáscara				X	
Recolección de datos de cosecha					X

III.C. Análisis químico de suelos y foliares.

Una semana antes de las aplicaciones (semana 39), se procedió a realizar un análisis de suelos en el área experimental, con el fin de representar de la mejor forma el área en estudio, la cual fue dividida en 4 muestras, cada una conformada por 15 submuestras tomadas al azar, éstas se recolectaron frente al hijo de sucesión y por consiguiente donde se encuentra la banda de fertilización. Las muestras se analizaron en el laboratorio de Suelos y Foliares de la empresa BANDECO.

Por otro lado, para el análisis foliar se procedió a cortar 10 cm de la parte central de cada una de las láminas de la hoja 3 (figura 2) de la planta de banano, de este modo se recolectaron 4 muestras compuestas, cada una conformada por 15 submuestras, para ello el análisis de las muestras se realizó en el laboratorio de Suelos y Foliares de la empresa BANDECO.

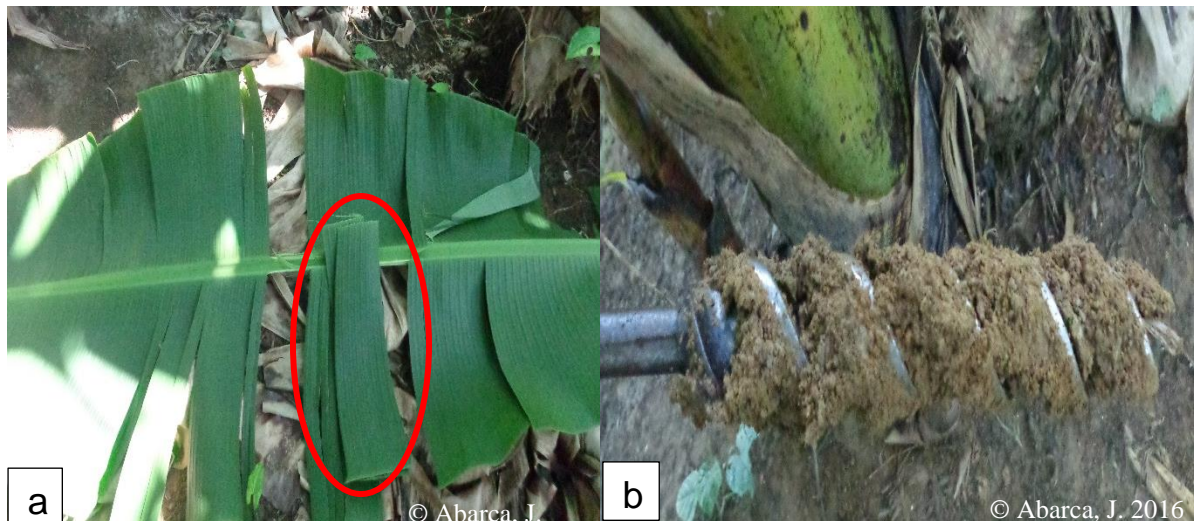


Figura 2. Observación de muestreo de Foliares (a) y suelos (b).

III.D. Análisis químico de cáscara

Se realizó un muestreo de cáscara en las semanas 5 y 12 después de la emisión del racimo. Se tomaron 3 muestras (repeticiones) por tratamiento, cada una conformada por 3 dedos (por cada segunda mano, se tomaron 2 dedos de los extremos: uno del extremo izquierdo y otro del extremo derecho, y un dedo central. El análisis químico de cáscara (figura 3) se realizó en el laboratorio de Suelos y Foliare de BANDECO, para lo cual la cáscara se cortó en tiras y se colocó a secar al horno (65°C).



Figura 3. Observación del procesamiento de las muestras de cáscara, recolección (a), corte (b), cáscara molida (c).

III.F. Fuentes de calcio

Sur kal (CaO 54% y N 6%)

Es un fertilizante y enmienda líquida compuesta de calcio, componentes nitrogenados y aditivos, para el control de la acidez del suelo y el suministro de calcio y nitrógeno a los cultivos (Sur Químicas de CA).

Sur flow Calcio (CaO 54%)

Es una enmienda y fertilizante flovable, para aplicación líquida. Está compuesta de carbonato de calcio de muy alta fineza, lo que permite su fácil dispersión en agua (Sur Químicas de CA).

Nitrato de Calcio (CaO 26% y N 15,5 %)

Sal recomendada para fertirrigación y aplicaciones foliares.

Calcimax 14,33% y B 0,54%

Es un fertilizante foliar líquido que contiene calcio acompañado con carbohidratos, es un quelato orgánico derivado de fuentes naturales (Suplidora Verde).

Cuadro 2. Fuentes de calcio y dosis utilizadas.

Nombre Comercial	Código	Dosis en 100 L de agua	Aporte Nutrientes
Surkal	SK1	125 ml	CaO 0,07%.
Surkal	SK2	250 ml	CaO 0,14%.
Surflow	SF1	1 kg	CaO 0,54%.
Surflow	SF2	2 kg	CaO 1,08%.
Nitrato de Calcio	NIC	100g	CaO 0,03%.
Calcimax	CX	250 ml	CaO 0,04%.
Testigo			

Los fertilizantes fueron disueltos en agua de acuerdo con la dosis (cuadro 2). La aplicación se realizó con 3 bombas de espalda, utilizando un gancho largo y asperjando 100 ml de producto diluido por racimo, dirigido principalmente a las tres manos superiores, las cuales generalmente son las más afectadas por mancha de madurez (figura 2).



© Abarca, J. 2016

Figura 4. Racimo aplicado con el tratamiento SF1 (5 de Octubre, 2016).

III.G. Variables a Evaluadas

El peso del racimo:

Se determinó el peso de cada racimo cosechado, de cada una de las repeticiones de los 7 tratamientos.

Número de manos por racimo:

Se evaluó el número de manos por racimo de cada una de las repeticiones de los 7 tratamientos.

Número de dedos por mano:

Se cuantificó el número de dedos por mano de todas las manos de los racimos cosechados de las repeticiones de los 7 tratamientos.

Calibre (ancho):

Para medir esta variable se utilizaron los calibres: 40,47,50.

Longitud externa (cm) del dedo central de la segunda, quinta y última mano:

Con una cinta métrica se midió la curvatura exterior del dedo individual, desde el extremo distal hasta el extremo proximal, donde se considera que la pulpa.

Rechazo de la fruta por la mancha de madurez

Se cuantificó el peso de la fruta de rechazó a causa de la mancha de madurez (kg), para lo cual se pesaron los dedos de banano que presentaron daño moderado y severo, los cuales son rechazados para exportación.

Severidad del daño:

En cada dedo afectado se utilizó una escala pictórica (figura 5) de medición de leve, moderado y severo (correspondientes a grado 1,2 y 3 respectivamente), con fin de determinar la cantidad de dedos con daño en cada categoría.



Figura 5. Escala pictórica de evaluación leve (a), moderado (b) y severo (c).

Índice de mancha de madurez

Índice de MM: Calculado mediante la fórmula de Townsend y Heuberguer (Orjeda *et al.* 1998):

$$\text{Índice de MM} = \frac{\sum \text{NDG1x1} + \text{NDG2x2} + \text{NDG3}}{(\text{valor de la categoría mayor}) \times T} \times 100$$

Donde:

NDGx1: Número de dedos con grado 1.

NDGx2: Número de dedos con grado 2.

NDGx3 Número de dedos con grado 3.

T: Número total de dedos evaluados

III.H. Diseño Experimental

Se utilizó un diseño irrestricto al azar, con 7 tratamientos y 15 repeticiones (cada racimo es una repetición). En el ensayo, se realizaron las aplicaciones en el momento en que las precipitaciones no se presentaron o fueron muy escasas (alrededor de 3 semanas) (anexo 1) en el cual existió un periodo de estrés hídrico y posteriormente, un periodo lluvioso de rápido crecimiento.

Las variables de peso, número de dedos, longitud externa y rechazo de dedos se analizaron por medio de ANDEVA para determinar diferencias significativas y prueba DGC 0,05 % para la comparación y separación de medias, y para las variables calibración, severidad del daño, fueron analizados por método no paramétrico Kruskal-Wallis

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

IV.A. Estado nutricional del área experimental y concentración de calcio en la cáscara

Los resultados de análisis químico de suelo, relación de bases y análisis foliar se pueden observar en los cuadros 3 y 4, respectivamente.

En el área de estudio, se presentaron resultados de pH que se encuentran dentro del rango óptimo, siendo el promedio general 5,66 (cuadro 3). Por consiguiente la solubilidad, disponibilidad y absorción de algunos nutrientes como calcio, magnesio, potasio y fósforo, y elementos menores no debería afectarse de manera negativa, además el hecho de que el pH se encuentre dentro del rango óptimo de acidez nos indica en este caso, que el porcentaje de saturación de acidez no debería superar los 0,5 cmol/l obteniéndose un promedio general de 0,12 cmol/l, lo que indica que el Al intercambiable no está causando toxicidad a la plantación (Bertsch 1995).

Las concentraciones de macronutrientes como potasio, fósforo, calcio y magnesio, se encuentran en el rango óptimo sugerido por Bertsch (2003) en el caso particular del calcio, este elemento se encuentra con rangos superiores al rango óptimo, en niveles considerados como altos encontrándose un promedio general de 25,09 cmol/l. Con respecto a las relaciones de equilibrio de bases (cuadro 4), se observó que la relación Ca/ Mg se mantuvo dentro del rango óptimo de equilibrio, con valores promedio de 3,68. En el caso de la relación entre el Ca/K esta se encuentra desbalanceada siendo el promedio 31,30 siendo el límite superior 25 según lo especificado por Méndez y Bertsch (2012).

Continuando con las relaciones (Ca+Mg)/K, Mg/K estas se encuentran dentro de los rangos óptimos (cuadro 3) encontrados en la Guía para la interpretación de la fertilidad de los Suelos de Costa Rica elaborado por los autores Méndez y Bertsch (2012), con valores promedio de 33,66 y 8,57 respectivamente.

Cuadro 3.Resultados del análisis químico de suelos: Datos de Laboratorio Del Monte, BANDECO.

Muestra	pH	cmol/l					mg/l			
		Al	Ca	Mg	K	P	Zn	Fe	Mn	Cu
	5,5-6,5	0,5	4	1	0,2	<10	3	10	5	1
1	5,26	0,25	22,16	7,20	0,91	50,81	7,25	75,82	40,13	5,62
2	5,53	0,13	24,10	7,09	0,81	41,02	7,35	53,38	38,16	0,97
3	5,85	0,04	25,70	6,68	0,94	39,96	7,45	56,94	27,52	3,07
4	5,99	0,04	28,42	6,81	0,65	44,06	7,38	53,06	31,15	3,63
Promedio	5,66	0,12	25,09	6,95	0,83	43,96	7,36	59,80	34,24	3,32

Cuadro 4.Resultados del cálculo de las relaciones de bases.

Muestra	Ca/Mg	Ca/K	(Ca +Mg/K)	Mg/K
	2-5	5-25	10-40	2,5-15
1	3,08	24,32	30,06	7,9
2	3,4	29,6	32,81	8,71
3	3,84	27,36	32,81	7,12
4	4,17	43,93	38,95	10,53
Promedio	3,62	31,30	33,66	8,57

Por otra parte, el análisis de plantas, es una técnica que determina el contenido de los nutrientes en tejidos vegetales de plantas de un cultivo muestreado en un momento o etapa de desarrollo determinados (Correndo y García 2012).

En este caso (cuadro 4) las concentraciones de fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, boro y zinc, se encontraron en niveles bajos. Los análisis de suelos (cuadro 2) y foliares (cuadro 4) se realizaron con el fin de observar preliminarmente cual era la condición del área en la que se desarrolló el ensayo, observándose en los análisis de suelos comportamientos uniformes óptimos y en el caso de las muestras foliares se pueden observar algunas deficiencias de importancia, pero igualmente generalizadas en todas las muestras.

Cuadro 5. Resultados del análisis químico foliar, Laboratorio de Del Monte, BANDECO.

Fuente de niveles óptimos: López et al. (2001).

NC	%						mg/Kg				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Cu	Mn	B
	2,8-4	0,20-0,25	3-4	0,8-1,20	0,20-0,46	0,23-0,27	21-35	70-200	7-20	100-2200	20-80
1	3,17	0,19	2,15	0,53	0,23	0,15	17	80,38	8,05	198,1	11,7
2	2,67	0,19	3,24	0,55	0,23	0,15	16,9	68,66	7,69	134,2	23,79
3	2,8	0,19	2,92	0,54	0,22	0,15	16,3	118	7,42	78,4	14,28
4	3,07	0,19	4,55	0,57	0,25	0,15	15,5	79,58	7,82	30,41	16,73
Promedio	2,93	0,19	3,22	0,55	0,23	0,15	16,41	86,64	7,75	110,28	16,63

Por otra parte, se realizaron análisis químicos cáscara con el fin de observar los posibles efectos de los tratamientos con respecto a la concentración de calcio en la fruta, los órganos de las plantas de banano contienen concentraciones variables, asimismo los clones del subgrupo “Cavendish” tales como el “Gran enano” y “Valery” tienen necesidades nutricionales similares (Soto 2015).

Marchal y Mallessard (1979) nos brindan promedios de los niveles nutricionales contenidos en los diferentes órganos de la planta, los cuales serán comparados con los resultados obtenidos en los análisis químicos cáscara realizados.

Como resultado del primer muestreo de cáscara 3 semanas después de la aplicación de los productos se puede observar (cuadro 5) en el caso del nitrógeno, fósforo y potasio se encontraron por debajo de los niveles mostrados por Marchal y Mallessard (1979) ya que sus promedios generales son 0,01%, 0, 11% y 2,69 % respectivamente, además, no se encontraron diferencias significativas en el contenido de estos nutrimentos ($p > 0,05$).

El calcio presentó un promedio de concentración 0,24% y tomando como nivel crítico el valor de 0,28%, se observó que los tratamientos SK1, SF1, SF2 y NIC presentaron valores levemente más altos incluso muy cercanos al 0,28%, en comparación con SK2 y CX, sin embargo, no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) en ninguno de los tratamientos.

Cuadro 6.Resultado del Análisis Químico de cáscara, primer muestreo.

Tratamiento	%					
	N	P	K	Ca	Mg	S
	1,25	0,14	6,04	0,28	0,15	0,1
SK1	1,04 a	0,10 a	2,88 a	0,28 a	0,12 a	0,05 a
SK2	1,02 a	0,10 a	2,57 a	0,22 a	0,10 a	0,05 a
SF1	0,95 a	0,10 a	2,68 a	0,27 a	0,12 a	0,05 a
SF2	1,02 a	0,11 a	2,78 a	0,25 a	0,11 a	0,05 a
NIC	0,92 a	0,10 a	3,14 a	0,25 a	0,11 a	0,05 a
CX	1,05 a	0,10 a	2,29 a	0,20 a	0,11 a	0,05 a
Testigo	1,04 a	0,12 a	2,50 a	0,25 a	0,12 a	0,05 a
Promedio	1,01	0,11	2,69	0,24	0,11	0,05
CV	6,99	15,78	14,55	24,47	19,97	7,35
P Tratamiento	0,2507	0,5055	0,2593	0,7206	0,9789	0,678

*Medias seguidas por la misma letra no se consideran distintas según prueba de DGC ($p > 0,05$).

El segundo muestreo de cáscara se realizó al momento de la cosecha (cuadro 6) de la concentración en la cáscara fueron comparados contra los resultados obtenidos por Marchal y Mallessard (1979), encontrándose que el calcio vario entre 0,03 y 0,10 % siendo los tratamientos SF2 y el testigo respectivamente, son valores que se encuentran por debajo del 0,28% siendo contenidos muy bajos de este elemento en la cáscara. No hubo diferencias significativas ($p>0,05$) entre tratamientos

Ninguno de los tratamientos alcanzó la concentración requerida o esperada de 0,28% de calcio en la cáscara, en cuanto al diferencial teórico solamente el SF1 y 2 alcanzan este valor, por consiguiente, en los resultados obtenidos en los análisis químicos no se ven reflejados por lo que existen algún factor que puede estar interfiriendo con la absorción de los productos utilizados.

Tal como menciona Marschner, (1995) las plantas han desarrollado mecanismos que restringen el transporte de calcio a órganos como, las frutas, manteniendo las concentraciones de este elemento bajas en la savia del floema. Este, además, menciona que la dilución del contenido de calcio en los tejidos debido al crecimiento es necesario para una rápida expansión celular y una alta permeabilidad de las membranas.

Saure (2005) y Ernani *et al.* (2008) mencionan que los factores ambientales, la presencia de estomas y superficies irregulares tales como grietas y diferencias genéticas en los cultivares pueden afectar la absorción de calcio en frutas.

Por su parte, White y Broadley (2003) indican que diferentes condiciones pueden afectar la absorción de calcio, entre ellos, una inadecuada distribución del Ca hacia los órganos de baja tasa transpiratoria o alta tasa de desarrollo, pobre conexión xilemática, alta tasa transpiratoria de la planta y una baja presión radical. Lo cual podría explicar que las frutas de banano por su alta tasa de desarrollo y al ser órganos con baja tasa transpiratoria no mostraran un efecto en la concentración del calcio en ninguno de los tratamientos utilizados ya que se comportaron de forma similar al testigo.

Cuadro 7.Resultado del Análisis Químico de cáscara, segundo muestreo.

Tratamiento	%					
	N	P	K	Ca	Mg	S
	1,25	0,14	6,04	0,28	0,15	0,1
SK1	1,03 a	0,13 a	2,77 a	0,04 a	0,09 a	0,08 a
SK2	1,07 a	0,16 a	3,02 a	0,08 a	0,07 a	0,08 a
SF1	1,17 a	0,15 a	3,37 a	0,04 a	0,07 a	0,07 a
SF2	1,06 a	0,12 a	2,08 a	0,03 a	0,07 a	0,06 a
NIC	1,14 a	0,16 a	2,62 a	0,06 a	0,09 a	0,09 a
CX	1,25 a	0,16 a	3,54 a	0,07 a	0,06 a	0,07 a
Testigo	1,33 a	0,18 a	3,18 a	0,10 a	0,08 a	0,07 a
Promedio	1,15	0,15	2,94	0,06	0,07	0,08
CV	16,70	15,24	25,77	63,15	18,23	19,36
P Tratamiento	0,5010	0,1146	0,3279	0,2561	0,2131	0,2733

*Medias seguidas por la misma letra no se consideran distintas según prueba de DGC ($p > 0,05$).

Con respecto a los productos (cuadro 7) utilizados, los que presentaron un menor porcentaje de calcio son el NIC y CX con un 0,03 y 0,04 %, respectivamente, seguidamente se encuentran el SK1 y SK2 con 0,07 y 0,14% respectivamente y por último el SF1 y SF2 con 0,54 y 1,08% respectivamente. De los descritos solamente los tratamientos con SF1 y 2 presentan una concentración superior al 0,28% que se obtuvo como resultado en la literatura.

Por lo tanto, los tratamientos SK1, SK2, CX y NIC no obtuvieron la concentración requerida de 0,28%, por ello tendrían que realizarse más aplicaciones para al menos llegar a esta concentración de referencia, estas concentraciones fueron seleccionadas como las adecuadas para aplicar a la fruta de banano ya que no existen ciertamente dosis recomendadas para este órgano. Al realizarse pruebas preliminares sobre posibles quemaduras o daños en la fruta, estos tratamientos mostraron signos de quema principalmente el NIC por lo que solamente se utilizó la dosis de 100g.

Por lo anteriormente descrito se debe tomar en cuenta si se utilizan dosis mayores principalmente del NIC, la fruta puede mostrar signos de toxicidad, por lo que realizar varias aplicaciones en un corto periodo de tiempo puede ser contraproducente en la calidad de la fruta.

Por otra parte, en varios cultivos se ha probado la acción de diferentes productos que contengan calcio con el fin de disminuir problemas de pérdida de calidad en las frutas, tal es el caso de los cítricos donde, realizaron ensayos en los que se aplicaron varias fuentes de calcio con el fin de mejorar su contenido en el racimo, sin embargo no se encontró resultados satisfactorios por lo que en ese tipo de cultivos se mantiene como la principal vía de absorción de Calcio por medio de la raíz, ya que no es fácilmente absorbido por los cítricos (Ockert P.J *et al.* 2014).

Por el contrario, en cultivos como papaya (*Carica papaya* L. cv. 'Eksotika II), Cereza dulce (*Prunus avium*) y Granada (*Punica granatum* L) se han realizado ensayos exitosos en los que se utilizó CaCl_2 y obtuvieron diferencias en los contenidos de Calcio dentro de la fruta, en el caso de la papaya se realizaron varias aplicaciones precosecha y en el cultivo de granada y cereza se realizaron aplicaciones poscosecha obteniendo resultados positivos en las variables que se evaluaron como contenido de calcio en la fruta (Bakeer S.M 2016, Michailidis M *et al.* 2017, Madania B 2014).

Lo que indica que es posible que, la utilización de productos con Calcio dirigidos a la fruta sea capaz de tener efecto en la concentración de Calcio, aunque en este ensayo no se logre observar una respuesta a estas aplicaciones, se pueden realizar más ensayos en los que se evalué nuevamente la aplicación de este elemento directamente sobre el racimo .

Cuadro 8.Efecto de la concentración de calcio en la cáscara. en las fuentes aplicadas, en el índice de severidad, y sus respectivos diferenciales (resta entre los resultados obtenidos menos esperados).

Tratamiento	% CaO Tratamiento	CT	NC Ca	A	%Ca primer Muestreo	B	%Ca segundo Muestreo	C	PPMM
SK1	54	0,07	0,28	-0,21	0,28	0,00	0,04	-0,24	0,92
SK2	54	0,14	0,28	-0,15	0,22	-0,06	0,08	-0,20	0,70
SF1	54	0,54	0,28	0,26	0,27	-0,01	0,04	-0,24	0,60
SF2	54	1,08	0,28	0,80	0,25	-0,03	0,03	-0,25	0,86
NIC	26	0,03	0,28	-0,25	0,25	-0,03	0,06	-0,22	0,67
CX	14	0,04	0,28	-0,25	0,20	-0,08	0,07	-0,21	0,84
Testigo	0	0,00	0,28	0,00	0,25	-0,03	0,10	-0,18	1,04

NC: Nivel crítico

CT: % CaO teórico aplicado por racimo.

A: Diferencial del % calcio CT y el nivel crítico.

B: Diferencial del % calcio obtenido en el primer muestreo y el nivel crítico de calcio.

C: Diferencial del % calcio obtenido en el segundo y el nivel crítico de calcio.

PPMM: Promedio Ponderado de mancha de madurez.

IV.B. Efecto sobre las variables de rendimiento

Al evaluar la variable rendimiento se determinó (cuadro 9) que el tratamiento SF2 obtuvo un mayor número de cajas por hectárea con 3885 cajas/ha, seguido de este se encuentra el tratamiento SK2 con 3660 cajas/ha, el menor valor obtenido fue NIC con 3041 cajas/ha.

Cuadro 9. Efecto de la aplicación de calcio en el rendimiento del banano.

Tratamiento	Cajas/Tratamiento	Cajas/Ha
SK1	26,40 a	3488
SK2	27,70 a	3660
SF1	28,96 a	3571
SF2	29,40 a	3885
NIC	23,02 a	3041
CX	27,70 a	3660
TESTIGO	27,06 a	3337
CV	14,62	-
P valor	0,1052	-

Por su parte las variables de producción evaluadas al momento de la cosecha (Cuadro 10), el caso del calibre de la segunda, quinta y última mano, longitud externa de segunda y última mano y total de dedos no se encuentran diferencias significativas entre tratamientos ($p>0,05$), por otra parte, en el caso de la longitud externa de la quinta mano el tratamiento SK2 obtuvo la menor longitud externa de la quinta mano significativamente diferente.

Cuadro 10. Efecto de los tratamientos en las variables de rendimiento (calibre de la segunda mano, longitud externa de la segunda, quinta mano, última mano y total de dedos).

Tratamiento	Peso Racimo (Kg)	Cal 2da mano(1/32")	Cal 5ta mano(1/32")	Long. 2da mano (cm)	Long. 5ta mano(cm)	Total de dedos(cm)
SK1	34,29 a	43,79	42,93	25,26 a	24,08 a	160,43 a
SK2	35,96 a	44,00	42,14	25,35 a	23,11 a	163,89 a
SF1	36,86 a	44,07	42,47	25,34 a	24,06 a	176,00 a
SF2	38,18 a	45,50	43,43	25,64 a	24,46 a	172,57 a
NIC	32,19 a	44,69	42,77	25,62 a	24,53 a	160,46 a
CX	35,96 a	44,86	43,29	24,96 a	23,67 a	167,57 a
TESTIGO	35,4 a	44,67	43,13	25,11 a	24,57 a	166,20 a
Promedio	35,54	44,51	42,88	25,33	24,07	166,73
CV	14,60	5,14	5,17	5,34	4,92	11,35
P valor	0,1030	0,7262	0,729	0,8314	0,532	0,233

*Medias seguidas por la misma letra no se consideran distintas según prueba de DGC ($p > 0,05$).

** Análisis de varianza ANOVA.

De igual forma al observar los datos de peso en donde se muestra que el menor peso fue obtenido con el tratamiento NIC con 32,19, seguido de este se encuentra el SK1 con un peso de 34,29 kg, los pesos promedios más altos fueron obtenidos en los tratamientos SF1 y 2 con un peso promedio de 36,86 y 38,18 respectivamente, sin embargo, estos no presentaron diferencias significativas.

Con respecto a lo anterior, preliminar al ensayo se desarrolló una pequeña prueba con las dosis a utilizar en este caso el NIC en una dosis de 200g/ 100 L provocó un daño en la fruta conocida como speckling, el cual, puede ser producto del impacto directo de agroquímicos utilizados como por ejemplo aceites, fungicidas, adherentes, fertilizantes foliares y en mezclas, entre otros (Passberg-Gauhl 2000).

Como consecuencia se utilizó solamente la dosis baja de 100g / 100 L, aunque este no provocó daños visibles es probable que afectara en cierto grado el desarrollo de la fruta y por consiguiente su peso. Por otra parte, se muestra una pequeña tendencia donde los tratamientos en los que se utilizó SF1 y 2 presentan mayores pesos, estas diferencias no son suficientes para poder aclarar su influencia positiva en la variable de peso.

En general se puede concluir que las variables de producción: peso de racimo, número de dedos por racimo y longitud externa del dedo central no muestran una clara respuesta a la aplicación de calcio, de igual forma Campbell y Williams (1978), sugieren que el mayor beneficio potencial del calcio es sobre la mancha de madurez y no sobre la producción.

IV.C. Efecto del calcio sobre la mancha de Madurez

Para evaluar el efecto de los tratamientos en la severidad de la mancha de madurez, se clasificó las lesiones utilizando las categorías: leve, moderado y severo (semana 12), dentro de cada tratamiento, dentro de las cuales no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($p>0,05$).

Según los resultados obtenidos, (figura 4) dentro de la categoría leve el tratamiento con menos dedos con daño es el NIC con 2,1 dedos en promedio, siendo el más elevado el SK1 con 3,71 en promedio de dedos con daño, sin embargo, en esta categoría los valores entre todos los tratamientos son similares ($p>0,05$). Por otra parte, aunque el NIC obtuvo el menor número de dedos con daño también obtuvo el peso promedio más bajo, lo que podría conllevar a un menor alargamiento de las células y por ende expresarse en un menor daño.

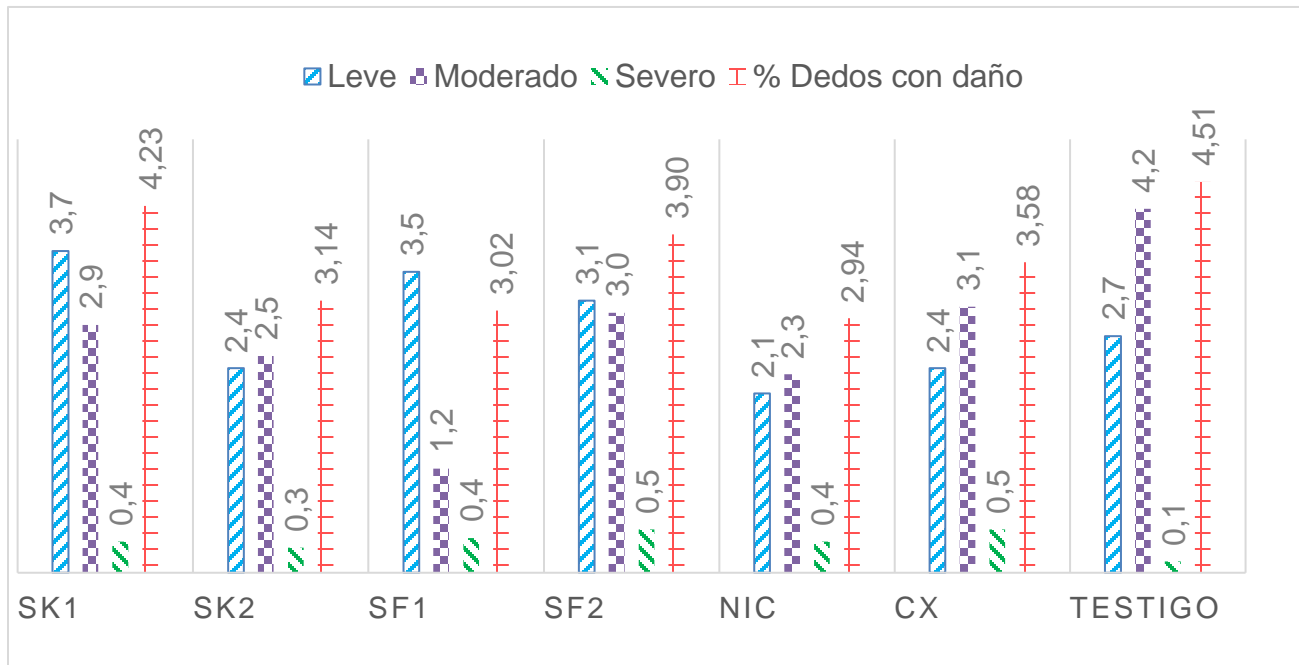


Figura 6. Efecto de la aplicación de calcio en el número de dedos con daño leve, moderado y severo

En el caso del daño moderado se puede observar (figura 4) que el tratamiento que presenta el menor número de dedos con daño es el SF1 con un promedio de 1,20 dedos con daño y el tratamiento que mayor daño obtuvo en esta categoría fue el Testigo con un promedio de 4,20 dedos con daño.

Por otra parte, en cuanto la categoría severa fue la menos frecuente y sus valores van desde 0,13 a 0,50 dedos con daño de Testigo y SF2 respectivamente.

Si bien entre los tratamientos no se observan diferencias significativas, el testigo obtuvo mayor número de dedos con daño en la categoría moderada, severa y en el porcentaje de dedos con daño, lo que podría significar un efecto positivo de los tratamientos sobre la mancha de madurez con respecto al testigo.

Con el fin de observar una posible diferencia entre los tratamientos contra el testigo se procedió a realizar prueba de contrastes para las categorías que tuvieran una significancia del 90% ($p < 0,10$) por lo que bajo esta premisa solamente la categoría Moderada cumple con esta característica (cuadro 11).

Cuadro 11. Efecto de la aplicación de calcio en el número de dedos con daño leve, moderado y severa

Tratamiento	Leve	Moderado	Severo	Total de Dedos con daño	% Dedos con Daño
SK1	3,71	2,86	0,36	6,92	4,23
SK2	2,36	2,5	0,29	5,14	3,14
SF1	3,47	1,2	0,4	5,06	3,02
SF2	3,14	3	0,5	6,64	3,90
NIC	2,07	2,29	0,36	4,71	2,94
CX	2,36	3,07	0,5	5,92	3,58
Testigo	2,73	4,2	0,13	7,06	4,51
CV	84,11	91,46	243,76	67,26	5,48
P tratamiento	0,4571	0,0769	0,9316	0,5358	0,5101

Al observar los contrastes (cuadro 12) encontramos que el tratamiento SF1 obtuvo un contraste significativo ($p < 0,05$) en relación con el testigo donde el SF1 obtuvo un menor número de dedos con daño moderado siendo 1,2 el promedio de dedos con daño y un 4,2 en el caso del testigo, lo cual nos indica que el SF1 tuvo un efecto positivo significativo con respecto al testigo. En el caso de los demás contrastes planteados estos no presentan diferencias significativas con respecto al testigo.

Cuadro 12. Contrastes realizados para la categoría Moderada, Kruskal–Wallis.

Contraste	* H	p
Todos versus Testigo	3,82	0,0507
SK1 versus Testigo	0,65	0,4219
SK2 versus Testigo	2,89	0,0891
SF1 versus Testigo	9,35	0,0022
SF2 versus Testigo	0,78	0,3786
NIC versus Testigo	0,95	0,3298
CX versus Testigo	2,17	0,1411

*H es el estadístico de prueba para la prueba de Kruskal-Wallis.

Por otra parte, en el caso del rechazó a causa de la Mancha de Madurez los tratamientos que presentaron mayores rechazos fueron SK1 y SF2 con 9,99 y 9,64 kg respectivamente, sin embargo, al no encontrarse datos significativamente diferentes no se puede concluir que un tratamiento fue mejor que otro, aunque se pueden observar algunas diferencias con respecto al NIC y sus bajos niveles de mancha de madurez.

Cuadro 13.Resultados obtenidos para las variables: índice de severidad, peso de fruta de rechazo (tratamiento)(kg) y peso de racimo (kg).

Tratamiento	*Índice de severidad	Rechazo (Kg)	Peso (Kg)
SK1	2,13	9,99 a	34,29 a
SK2	1,68	3,78 a	35,96 a
SF1	1,42	4,90 a	36,83 a
SF2	1,90	9,64 a	38,18 a
NIC	1,61	5,23 a	32,19 a
CX	2,01	5,81 a	35,96 a
Testigo	2,45	7,77 a	35,40 a
Promedio	1,89	6,73	35,54
P Tratamiento	0,5793	0,2920	0,1030

*Índice de severidad: Analizado mediante Kruskal-Wallis

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Con respecto a lo anterior, según Parra (2006) los síntomas de deficiencia son más severos en los sitios de división celular y extensión celular de los frutos, en este caso el NIC obtuvo el menor peso por lo que la separación de las células epidermales en teoría sería menor lo que explicaría una menor incidencia de mancha de madurez.

Si bien, en las concentraciones de calcio no se observaron diferencias significativas ($p>0,05$) al observar los índices de mancha de madurez se puede apreciar una disminución de esta con respecto al testigo, donde el tratamiento SF1 obtuvo un índice de MM de 1,42 siendo el menor valor, seguido del tratamiento NIC con un 1,61 en el caso de los mayores índices de MM lo obtuvieron el tratamiento testigo y el SK1 con un 2,45 y 2,13, por lo cual, aunque no se observaran diferencias significativas ($p>0,5793$) entre los tratamientos, existen comportamientos que podrían propiciar una respuesta positiva a la mancha de madurez, sin embargo, se deben realizar más ensayos en los que se aplique y evalúe la mancha de madurez.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos, no se observaron diferencias significativas entre las aplicaciones de las diferentes fuentes de calcio y sus dosis sobre la incidencia y severidad de la mancha de madurez.

Igualmente, al evaluar las variables de producción como peso de racimo, longitud externa de los dedos, total de dedos y las respectivas calibraciones no se encontraron diferencias significativas que se vean expresadas en mayor peso de racimo.

En cuanto los análisis químicos de cáscara, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos con respecto al calcio, el cual fue el elemento de interés.

Si bien no hubo diferencias significativas entre tratamientos, si se observó una disminución en la severidad de la mancha de madurez de más de 30% con respecto al testigo en algunos tratamientos como el SF1, SK2 Y NIC.

Recomendaciones

En el caso de desarrollar posteriormente este tipo de ensayo, se recomienda que se cuente con un mayor tiempo de evaluación y que las aplicaciones de los productos realicen al menos 2 veces durante cada ciclo.

Además, se recomienda la utilización de un número mayor de repeticiones de los tratamientos y en el mejor de los casos poder realizarlos con diferentes fechas de aplicación para obtener un mayor número de variables que puedan expresar resultados que se puedan comparar en el tiempo.

Sería recomendable realizar ensayos preliminares en los que se pruebe el nivel de permeabilidad de nutrientes en la cáscara de banano con el fin de que los productos que se prueben puedan ingresar y con ello observar un claro efecto.

Con respecto a este tema, se podrían realizar análisis químicos para cada categoría de daño y poder observar directamente si hay diferencias o no en las concentraciones de calcio en la pulpa y cáscara.

VI. LITERATURA CONSULTADA

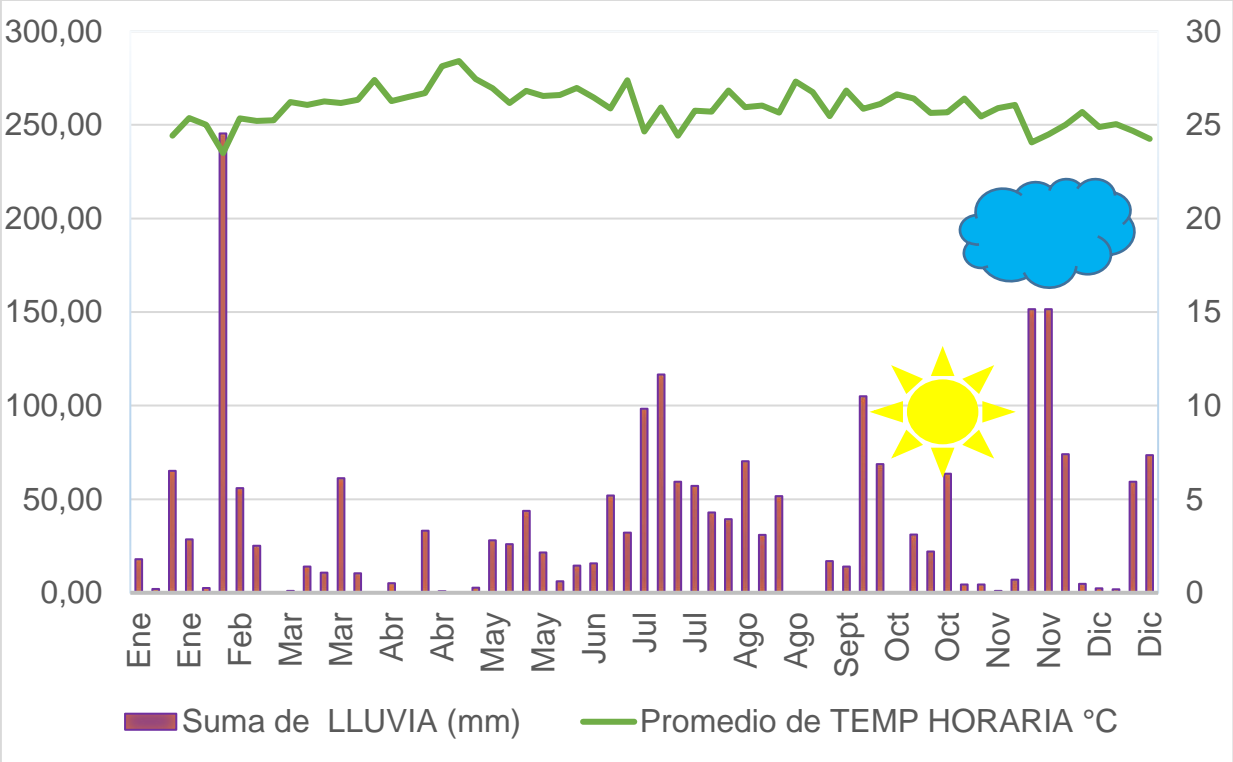
- Arteaga, F. 2015. Origen y evolución del banano. Palmira, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Disponible en: http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/44494637/ARTICULO_BANANO_PDF_EVOLUCION_DE_PLANTAS_CULTIVADAS.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1495997268&Signature=xGH7JNT8SixODSsIVXtQpuGpTq8%3D&responsecontentdisposition=inline%3B%20filename%3D2015I_UNIVERSIDAD_NACIONAL_DE_COLOMBIA.pdf.
- Bakeer S.M. 2016. Effect of ammonium nitrate fertilizer and calcium chloride foliar spray on fruit cracking and sunburn of Manfalouty pomegranate trees. *Scientia Horticulturae* 209: 300–308
- Bertsch, F. 1995. La fertilización de los suelos y su manejo. 1ed. San José, Costa Rica. ACCS, 58 p.
- Bertsch, F. 2003. Absorción de nutrimentos por los cultivos. San José, Costa Rica, Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. 307 p.
- Cambell, S.J; Williams, M.T. 1976. Factors associated with “maturity bronzing” of banana fruit. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 18: 603-608.
- Campbell, J; Williams, W. 1978. Mineral relationships in “maturity bronzing” of banana fruit. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* (18): 603-608.
- Campos, R. 2010. Causas del desorden fisiológico de la mancha de madurez, datos históricos en Standard Fruit Company de Costa Rica S.A., y recomendaciones (Documento no publicado). Río Frío, Horquetas de Sarapiquí, Heredia, Costa Rica, Departamento de Nutrición Vegetal y Fisiología, Standard Fruit Company de Costa Rica, S.A.
- Chacón, G. 2014. Efecto de la fertilización con Calcio sobre la incidencia de “La mancha de madurez” en el cultivo de banano (Musa AAA cv. Gran enano). Tesis Lic. San José, Universidad de Costa Rica. 44p.

- CORBANA. 2011. Implementación de buenas prácticas agrícolas para reducir el escurrimiento de plaguicidas en el cultivo del banano de la Región Caribe Costarricense. San José, Costa Rica. 4p Disponible en: <http://cep.unep.org/repcar/proyectos-demostrativos/costa-rica-1/publicaciones-corbana/Estudio%20de%20caso%20Corbana.pdf>
- CORBANA. 2015. Sección de estadísticas bananeras. San José, Costa Rica, CORBANA S.A. Consultado: 2017. Disponible en: <http://www.corbana.co.cr>.
- Correndo, A; García, F. 2012. Concentración de nutrientes en planta como herramienta de diagnóstico: Cultivos extensivos. International Plant Nutrition Institute.
- Daniells, J; Watson, B; O-farrell, P; Mulder, J. 1987. Soil water stress at bunch emergence increases maturity bronzing of banana fruit. Queensland Journal of Agricultural and Animal Sciences, 44(2): 97-100.
- Daniells, W. 1982. Maturity bronzing of banana fruit: A Review, Queensland horticulture technical memorandum no.3, Horticulture Branch, Queensland Department of Primary Industries. Queensland, Australia. 8 p.
- Daniells, W. 1985. The maturity bronzing disorder of banana fruit. Queensland Agronomic Journal. 111: 239-140.
- Díaz, A. 2005. Respuestas Fisiológicas, productivas y de la mancha de madurez del banano (Musa AAA cv. Gran Enano) a la aplicación de calcio en la zona de Urabá. Bogotá, Colombia Trabajo de grado para optar por el título de Ing. Agrónomo, Facultad de Agronomía, Universidad de Colombia, 62 p.
- Díaz, A. 2004. Influencia del Ca sobre la “mancha de madurez” en frutos de banano en la zona de Urabá. Boletín Técnico Cenibanano 6: 1-3.
- Díaz, A.; Mira, J; Cayón, G. 2006. Aplicaciones de Calcio para el control de la mancha de madurez en banano. En: XVII Reunión Internacional de la Asociación para la Cooperación en Investigaciones de Banano en el Caribe y en América Tropical (ACORBAT). Memorias Joinville. Santa Catarina, Brasil.
- Díaz, A; Cayón, G; Mira, J. 2007. Metabolismo del Calcio y su relación con la “mancha de madurez” del fruto de banano. Una revisión. Agronomía Colombiana 25(2): 280-287.
- Finck, A. 1988. Fertilizantes y fertilización. Fundamentos y métodos para la fertilización de cultivos. Barcelona, Reverté S.A. 242p.
- García, F. 2009. Uso eficiente de nutrientes. En: XVIII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. San José, Costa Rica. 57p.

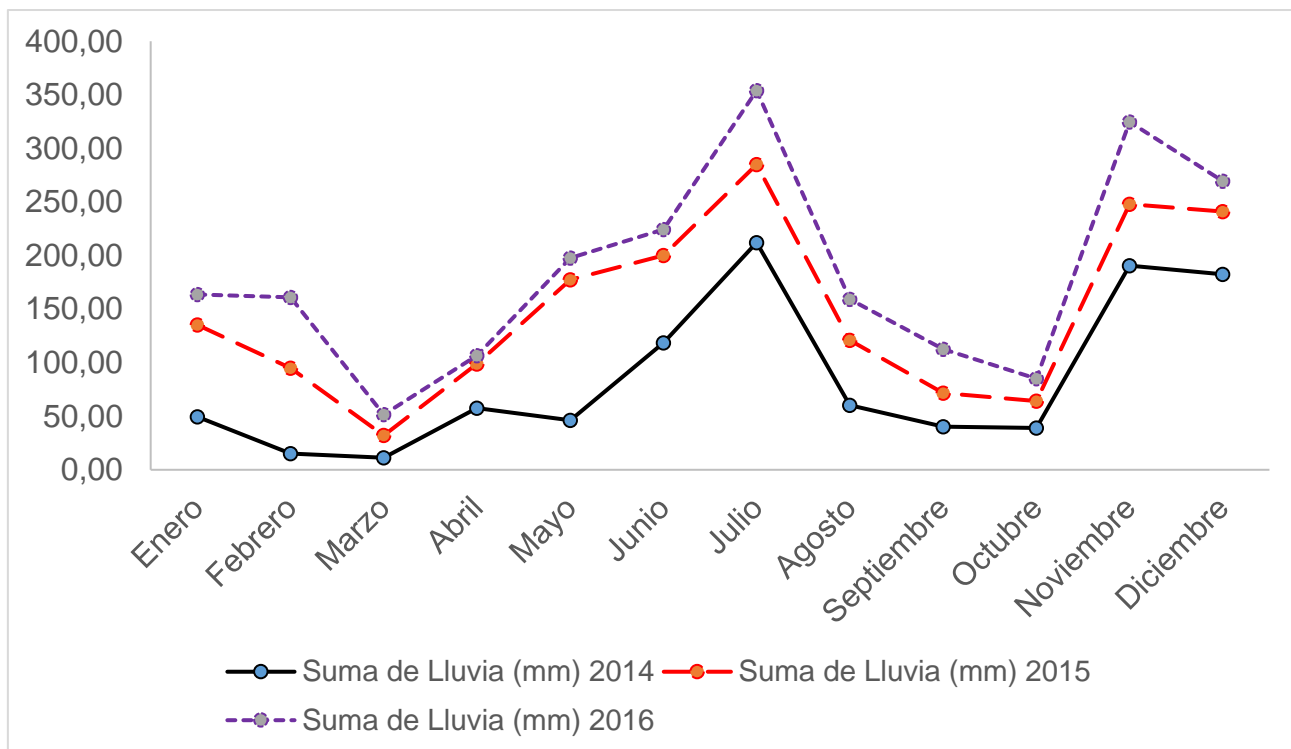
- Guerrero, R; Gadbán, J; Ospina, J. 1999. Significado de algunas variables edáficas de fertilidad sobre los componentes de productividad del banano para la exportación (Clon Gran enano) en un inceptisol de Ciénaga (Magdalena) Colombia. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo 29(2): 120-124.
- Madania, B;Tengku, M; Mohameda, M; Watkinsb, C.B; Kadirc, J; Awanga, Y; Shojaeida, T.R. 2014. Department.Preharvest calcium chloride sprays affect ripening of Eksotikall'papaya fruits during cold storage. Scientia Horticulturae 171: 6–13.
- Marchal, J.; Mallessard, R. 1979. Comparison des immobilisations minerales de quatre cultivars de bananiers a fruits pour cuisson et de deux 'Cavendish'. **Fruits**, Paris, 34, 373-392p.
- Martínez-Márquez, A; Morante-Carriel, J; SellésMarchart, S; Martínez-Esteso, M.J; PinedaLucas, J.L; Luque I. and Bru-Martínez, R. 2013. Development and Validation of MRM Methods to Quantify Protein Isoforms of Polyphenol Oxidase in Loquat Fruits. J. Proteome Res. 12: 5709–5722
- Méndez, J; Bertsch, F. 2012. Guía para la interpretación de la fertilidad suelos de Costa Rica. 1ed. San José, Costa Rica. ACCS, 108 p.
- Michailidis, M; Karagiannis, E; Tanou, G; Karamanoli, K; Lazaridou, A; Matsi, T; Molassiotis, A. 2017. Metabolomic and physico-chemical approach unravel dynamic regulation of calcium in sweet cherry fruit physiology. Plant Physiology and Biochemistry 116: 68-79.
- Ockert P.J; Stander, K; Cronje, P.2014. Foliar 2,4-D Application after Physiological Fruit Drop Reduces Fruit Splitting of Mandarin. HortTechnology, 24(6): 717-723.
- Parra, A; Díaz, A; Mira, J; Cayón, G. 2006. Respuesta en desarrollo y rendimiento de banano (Musa AAA Simmonds) a la aplicación de Calcio. En: XVII Reunión Internacional de la Asociación para la Cooperación en Investigaciones de Banano en el Caribe y en América Tropical (ACORBAT). Santa Catarina, Brasil.
- Passberg-Gauhl, C. 2000. El “speckling del fruto” de banano en la zona Atlántica de Costa Rica. San José, Costa Rica, BASF. 27 p.
- Poovaiah, B. 1986. Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. Food Technology 40: 86-89.
- Robinson, J. 1996. Series: Crop Production Science in Horticulture, # 5 Bananas and Plantains. 2ed. Inglaterra, Editorial Centre for Agriculture and Biosciences International (CABI), 238 p.

- Sánchez, J; Mira, J. 2013. Principios para la nutrición del cultivo de banano. 1era edición, Medellín, Colombia. Cenibanano y Augura. 236 p.
- Sellés-Marchart, S; Casado-Vela, J., and BruMartínez, R. 2007. Effect of detergents, trypsin and unsaturated fatty acids on latent loquat fruit polyphenol oxidase: basis for the enzyme's activity regulation. Archives of Biochemistry and Biophysics 464(2): 295-305.
- Soto M. 2015. Bananos II: tecnologías de producción. 2ed. Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica 706 pág.
- Soto, M. 2008. Bananos: técnicas de producción, manejo pos cosecha y comercialización. San José, Costa Rica. Versión digital. 674 p
- Stover, R; Simmonds, W. 1987. Bananas. Longman Scientific and Technical, Essex, U.K Disponible en: <http://www.ba.ars.usda.gov/hb66/banana.pdf>
- Swaine, G; Ironside, D; Yarrow, D. 1985. Insect pests of fruit and vegetables. Brisbane, Australia, Queensland Department of Primary Industries, Information Series. 4183021.
- White P.J y Broadley; M. 2003. Calcium in Plants. Horticulture Research International. 92(4): 487–511.
- Whitman, C. 1993. Benefits of calcium fertilization. Disponible en: <http://www.yara.us/library/attachments/research/tobacco/1.pdf>.
- Williams, M; Vesk, M, Mullins, M. 1990. Development of the banana fruit and occurrence of the maturity bronzing disorder. Annals of Botany 65: 9 -19.
- Yáñez, J. 2002. Nutrición y regulación del crecimiento en hortalizas y frutales. Efecto de los nutrientes sobre la calidad de los productos y la resistencia físico química de las plantas a plagas, enfermedades y al estrés ambiental. Buenavista- Saltillo-Coahuila, México.
- Ernani, P; J. Dias; C. Talamini; D. Cardoso; D. Rogeri. 2008. Preharvest calcium sprays were not always needed to improve quality of 'gala' apples in Brazil. Rev. Bras. Frutic. 30: 892-896.
- Saure, M. 2005. Calcium translocation to fleshy fruit: its mechanism and endogenous control. Scientia Hort. 105:65-89.
- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, Inc., New York. 889 pp.

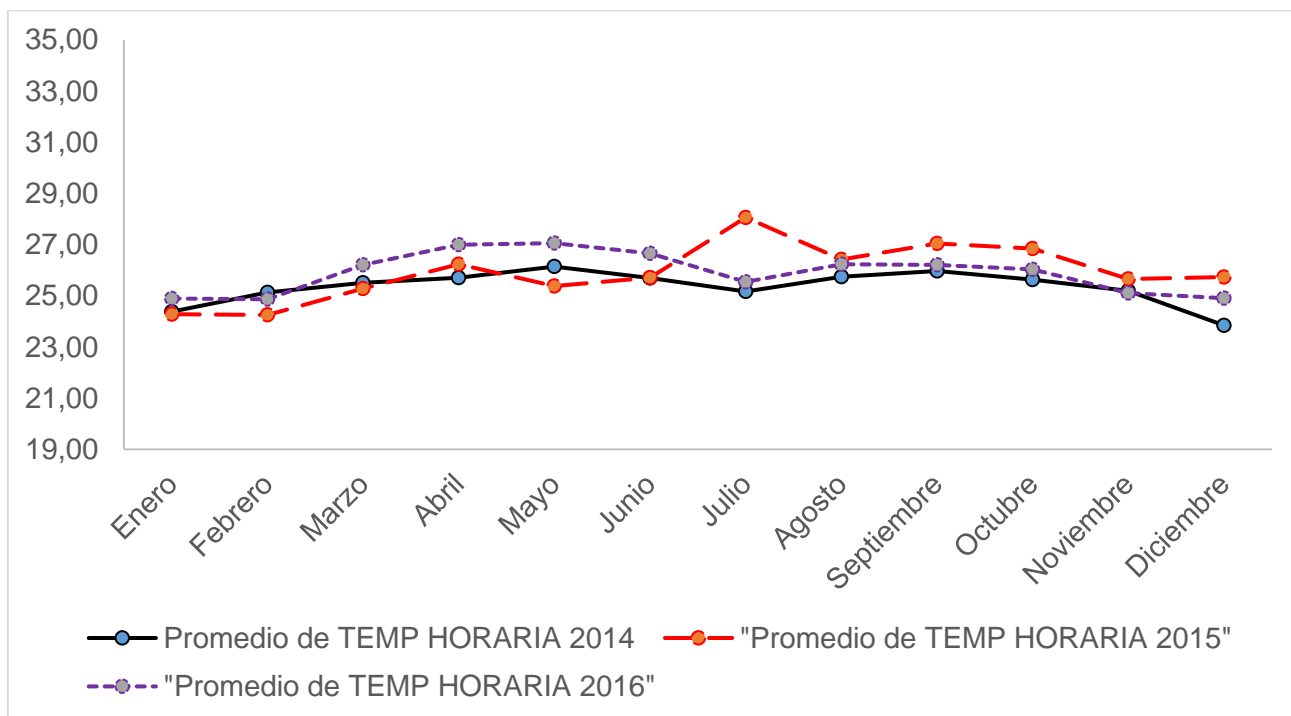
VII. ANEXO



Anexo 1. Precipitación y temperatura diaria de 2016, Estación del Carmen de Siquirres.



Anexo 2. Promedio de precipitación promedio por mes para los años 201, 2015, 2016.



Anexo 3. Promedio de TEMP HORARIA para los años 2014, 2015, 2016.

Anexo 4. Resultado del Análisis Químico de cáscara, primer muestreo.

Tratamiento	mg/l				
	Zn	Fe	Cu	Mn	B
SK1	14,64 a	34,03 b	5,98 b	16,79 a	28,84 b
SK2	12,05 a	21,75 b	3,99 a	31,66 a	33,93 b
SF1	14,26 a	23,55 b	3,04 a	21,72 a	29,70 b
SF2	12,13 a	8,80 a	3,24 a	16,97 a	22,70 a
NIC	11,35 a	9,92 a	2,90 a	16,73 a	17,67 a
CX	10,67 a	9,53 a	1,62 a	21,63 a	12,17 a
Testigo	13,16 a	15,52 a	2,49 a	21,36 a	19,20 a
Promedio	12,61	17,59	3,32	20,98	23,46
CV	17,10	52,54	30,27	71,28	24,84
P Tratamiento	0,2611	0,0394	0,0043	0,8111	0,0044

Anexo 5. Resultado del Análisis Químico de cáscara, segundo muestreo.

Tratamiento	mg/l				
	Zn	Fe	Cu	Mn	B
SK1	13,58 a	68,38 a	4,28 b	60,11 a	31,78 a
SK2	15,22 a	40,84 a	4,46 b	64,71 a	32,18 a
SF1	13,72 a	29,77 a	3,69 b	56,89 a	26,79 a
SF2	11,43 a	32,51 a	2,03 a	68,09 a	26,55 a
NIC	11,70 a	28,27 a	2,31 a	57,97 a	37,37 a
CX	12,05 a	22,60 a	1,46 a	55,61 a	33,29 a
Testigo	11,60 a	19,96 a	1,70 a	58,37 a	33,00 a
Promedio	12,76	34,62	2,85	60,25	31,57
CV	13,89	66,20	24,99	18,29	14,01
P Tratamiento	0,2246	0,2353	0,0001	0,7973	0,1022